

Bukownica, 5 sierpnia 2001r.

prof. dr hab. Inż. Julian Paluch  
54-130 Wrocław,  
ul. Bulwar Ikara 12/49

#### OPINIA TECHNICZNA

dotycząca awarii zbiornika retencyjnego na terenie Nadleśnictwa Biłgoraj, Leśnictwo Bojary  
w zlewni rzeki Białej Łady na potoku Osa

Podstawa opracowania:

1. Wizja lokalna na terenie zbiornika retencyjnego Bojary w dniu 1.08.2001r. oraz w wyższych rejonach zlewni potoku Osa w dniu 2.08.2001r.
2. Udostępniona dokumentacja wodno prawna zbiornika retencyjnego Bojary – protokół oddania do eksploatacji inwestycji „Zbiornik retencyjny Bojary” z dnia 5 grudnia 2001r.
3. Inwentaryzacja fotograficzna obiektów po przejściu fali powodziowej.
4. Notatka służbowa Komisji poawaryjnej powołanej przez Nadleśniczego Nadleśnictwa Biłgoraj z dnia 02.08.2001r. wraz z danymi hydrometeorologicznymi ze stacji Janów Lubelski w RDLP Lublin.

W dniach 30 i 31 lipca 2001 r. na terenie Nadleśnictwa Biłgoraj wystąpiły intensywne opady atmosferyczne. Według notowań stacji hydrometeorologicznej Janów Lubelski położonej na terenie Rejonowej Dyrekcji Lasów Państwowych Lublin (RDLP) w ciągu dwóch dni spadło 41,4 mm. Stacja ta znajduje się w odległości około 30 km od Biłgoraja. W dniu 30 lipca opad wynosił 11,9 mm, a w dniu 31 lipca 29,5 mm – w ciągu dwóch dni spadło łącznie 41,4 mm lub 414 m<sup>3</sup> wody na powierzchnię 1 ha. Wydaje się, że natężenie burzowych opadów atmosferycznych na terenie Biłgoraja było znacznie większe niż wynikałoby to z danych dla Janowa Lubelskiego. Obserwacje skutków opadów atmosferycznych na terenach leśnych w rejonie Biłgoraja wskazują, że opad 41,4 mm nie mógłby spowodować występowanie wody na powierzchni jezdni bitumicznej dróg w lokalnych obniżeniach terenowych, bez sztucznych lub naturalnych cieków wodnych. Opady te spowodowały przerwanie wielu przejść drogowych i grobli w rejonie Biłgoraja nie tylko w zlewni rzeki Białej Łady i potoku Osa ale także na terenie Nadleśnictwa Zwierzyniec – np. droga leśna Bukownica – Smulnik - Brodziaki i inne.

Podczas awarii „Zbiornika retencyjnego Bojary” zniszczony został nasyp ziemny zapory czołowej na długości około 25 m – fot.8. Urządzenia spustowe tego zbiornika – młoch spustowy (stojak) i dwa rurociągi odbierające z niego wodę (leżak 2  $\Phi$  800 mm) nie uległy przemieszczeniu. Płyty betonowe do ubezpieczania skarpy odwodnej zapory czołowej na odcinku rozmytym zostały zniszczone i przemieszczone w dół cieku.

Zbiornik retencyjny Bojary wg protokołu oddania do eksploatacji posiada pojemności 25 tys. m<sup>3</sup> i powierzchnię lustra wody (zalewu) wynoszącą 1,8 ha. Zaprojektowany został przez ZBHIS „HYDRO-EKO” Sitaniec w 1999 r. Budowę zbiornika retencyjnego Bojary rozpoczęto w 1998 r. od opracowania projektu koncepcyjnego, operatu wodno-prawnego i uzyskania pozytywnej opinii Wydziału Ochrony Środowiska Urzędu Wojewódzkiego, pozwolenia wodno-prawnego i pozwolenia na budowę. Pozwolenie wodno-prawne oznaczone OŚG.IV.6210/1/33/98 z dnia 16.12.1998 wydane przez Urząd Wojewódzki w Zamościu, w zakresie poboru, piętrzenia, magazynowania i zrzutu wody dla całego kompleksu zbiorników retencyjnych. Pozwolenie na budowę dla zadania „Budowa zbiornika wodnego Nr 2

BOJARY LASY” wydało Starostwo Powiatowe w Biłgoraju 16 lutego 1999 r. pismem 8/I/99. Umowę o wykonanie robót wraz z aneksem (uzupełniono ustaleniami dokonanymi w trakcie realizacji tego zadania) zawarto z wykonawcą wyłoniętym w drodze przetargowej ze Spółką Wodno-Ściekową „WIEPRZ” w Zamościu. W ramach realizacji inwestycji wybudowana została grobla czołowa o długości 80 m w km 3 + 691 rzeki Osa z gruntu rodzimego pozyskanego z czaszy zbiornika. Skarpa odwodna została zabezpieczona płytami betonowymi wylewanymi na mokro na podsypce piaskowej opartymi na murku oporowym. Płyty zabezpieczające skarpe wyniesiono 0,5 m ponad poziom maksymalnego piętrzenia wody w zbiorniku. Budowla piętrząca – zrzutowa z szandorami (stojak mnicha) posadowiona została na rzędnej 205,00 m npm, o wysokości  $h = 3,00$  m, na ławie betonowej grubości 0,20 m wraz z kładką do regulacji poziomu piętrzenia wody w zbiorniku. Leżak mnicha wykonany został z kręgów betonowych  $2 \times \Phi 0,80$  m o długości 16,0 m. Prostokątny przewal awaryjny umieszczony został 0,15 m wyżej od maksymalnego dopuszczalnego poziomu piętrzenia wody (max. p.p.). Prace na budowie zbiornika zakończono w listopadzie 2001 r. Zbiornik przekazano do eksploatacji protokołem spisanim 5 grudnia 2001r. w Biłgoraju.

### **Przyczyny awarii „Zbiornika retencyjnego Bojary”**

Awarię tego zbiornika spowodowały intensywne opady burzowe, które wystąpiły w ostatnich dwóch dniach lipca br. Opady te wykazywały dużą zmienność w czasie i przestrzeni o zasięgu lokalnym i regionalnym. Stacja opadowa w Janowie Lubelskim zarejestrowała fakt ich wystąpienia, ale zanotowane wielkości opadów w Janowie Lub. były prawdopodobnie znacznie mniejsza niż w odległym o 30 km Biłgoraju. Świadczą o tym wielkości przepływów i ich skutki spływu nie tylko w korycie potoku Osa.

W zlewni potoku Osa o powierzchni 12 km<sup>2</sup> o stosunkowo dużej deniwelacji, sięgającej 90 m, znajdują się tereny uprawne i zalesione. Tereny zalesione w rejonie i powyżej „zbiornika retencyjnego Bojary” należą w znacznej części do ALP Nadleśnictwa Biłgoraj, Leśnictwa Bojary oraz do rolników indywidualnych. ALP przeważa w dolnych rejonach zlewni potoku Osa zaś górny jej odcinek należy do rolników indywidualnych. Powyżej zbiornika Bojary znajduje się także nowo zbudowany na terenie Leśnictwa Bojary, mniejszy zbiornik retencyjny na działce 16, który zatrzymał część wód spływających z wyższych rejonów zlewni o wyraźnie większych spadkach terenu. Dzięki ofiarności służby Leśnictwa Bojary nowobudowany zbiornik retencyjny został uratowany przed awarią. Między zbiornikami retencyjnymi należącymi do Nadleśnictwa Biłgoraj, na lewostronnych dopływach (cieki naturalne i sztuczne) oraz na lewym brzegu potoku Osa w rejonie wsi Rapy Dylańskie znajdują się gospodarskie stawy rybne (powstałe z przegrodzenia cieków naturalnych lub lokalnych rowów odwadniających dopływających do koryta Osa lub przylegają do ogroblowanego odcinka jej koryta). Nad lewym brzegiem potoku Osa znajdują się gospodarskie stawy rybne, które podczas spływu wody burzowej zostały zniszczone - fot. 1-7 Służby Leśnej. Mnichy odpływowe ze stawów gospodarskich i zbiorników na dopływach potoku Osa nie były w stanie odprowadzić nadmiaru wody ze swych zlewni cząstkowych do koryta recypienta (Osa). Woda zniszczyła groble stawowe i wraz z wodą opadową z wyższych rejonów zlewni wdarła się (runęła) do czaszy zbiornika retencyjnego Bojary, której naporu nie wytrzymała grobla czołowa w rejonie budowli piętrzącej (mnicha spustowego). Wskazuje to na zbyt małe wymiary przewal awaryjnego. Ilość dopływającej wody do zbiornika Bojary może być określona tylko szacunkowo ze względu na brak bezpośrednich pomiarów przepływu wody w czasie awarii oraz braku stacji opadowej w rejonie Biłgoraja.

Powierzchnia zlewni zbiornika retencyjnego Bojary wynosi 12 km<sup>2</sup>. Wielkość powierzchni zalesionej ALP i należącej do gospodarstw indywidualnych wynosi około 6 km<sup>2</sup>,

pozostałą powierzchnię zajmują pola uprawne i zabudowania mieszkańców z lokalnych zagród osiedli wiejskich.

Przyjmując w całości tylko ilość wody opadowej wg wskazań deszczomierza na stacji Janów Lub. bez uwzględniania współczynnika odpływu (którego wielkość określa się jako stosunek wskazań deszczomierza w Janowie Lub. do rzeczywistego opadu na terenie zlewni potoku Osy), to z powierzchni zlewni potoku Osa w ciąg dwóch dni spływało:

$$12\ 00\text{ ha} \cdot 414\text{ m}^3/\text{ha} = 496\ 800\text{ m}^3\text{ wody.}$$

Zakładając, że woda ta dopływała równomiernie do zbiornika w ciągu dwóch dni od chwili wystąpienia opadów nawalnych tj. w ciągu 172 800 sekund (natężenie spływu wód rosło w miarę upływu czasu trwania opadów), to średnie natężenie przepływu może wynosić:

$$Q = 496\ 800 : 172\ 800 = 2,875\text{ m}^3/\text{s.}$$

Dwa rurociągi w leżaku mnicha  $\Phi\ 800$  posiada łącznie powierzchnię przekroju poprzecznego:

$$F = 2 \cdot \pi d^2 / 4 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 : 4 = 1,0048\text{ m}^2,$$

a prędkość przepływu w kolumnie mnicha przy napełnieniu zbiornika  $H = 3,0\text{ m}$  wyniesie:

$$v^2 = 2gH = \mu^2 \cdot 9,81 \cdot 3,0 = 58,83\text{ to teoretycznie } v = \mu\ 7,672\text{ m/s.}$$

Na odcinku leżaka w rurociągach  $2 \times \Phi 0,80\text{ m}$  szybkość płynącej wody była mniejsza niż spadającej w stojaku mnicha; szacuje się, że prędkość ta wynosiła:

$$v^2 = 2gH = \mu^2 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 7,848;\text{ to teoretycznie } v = \mu\ 2,80\text{ m/s}$$

Aby podnieść poziom wody w stawie (od aktualnego dopuszczalnego maksymalnie) tylko o  $H = 1,0\text{ m}$  to należałoby zatrzymać  $18\ 000\text{ m}^3$  podczas rosnącej fali spływających wód w miarę upływu czasu trwania intensywnych opadów atmosferycznych. Wskazuje to, że czas napełniania zbiornika retencyjnego Bojary, bez odpływu przez mnich spustowy wynosiłby:

$$T = 18\ 000 : 2,875 = 6261\text{ sekundy} = 104,3\text{ minuty} = 1,74\text{ godz.}$$

Na skutek przzerwania stawów rybnych na lewobrzeżnych dopływach potoku Osa nastąpił gwałtowny wzrost dopływu do zbiornika retencyjnego Bojary wody wraz z unoszonymi elementami opadłych lub pociętych gałęzi i powalonych pni drzew. Unoszony przez wodę zmywany materiał częściowo był zatrzymywany przez stojak mnicha spustowego. Zmniejszył się jego przekrój poprzeczny dla przelewającej się wody (ze stojaka do leżaka) a tym samym podnosił się znacznie szybciej poziom wody w zbiorniku, mimo przelewu awaryjnego, aż do przelewania się jej przez koronę grobli. Przelewanie się wody przez koronę zapory czołowej, jej erozję i w efekcie (konsekwencji) jej rozerwanie. Nastąpił gwałtowny wylew wody ze zbiornika do koryta odpływowego i na tereny przyległe. Wielkość strugi spływającej wody będzie można określić dopiero po opadnięciu wody, w oparciu o istniejące znaki w terenie zaznaczone na trwałych elementach terenowych. Przekrój poprzeczny strumienia po przzerwaniu zapory należałoby zniwelować poziomy spływającej wody, wyznaczyć szerokość i przekrój poprzeczny spływającej strugi oraz spadek spływających wód. Oba elementy urządzenia spustowego (stojak i leżak mnicha) nie uległy widocznemu uszkodzeniu.

Po przzerwaniu istniejących grobli stawowych powyżej zbiornika retencyjnego Bojary naturalny spływ wód opadowych gwałtownie zwiększył się o objętość wody wcześniej zgromadzonej w stawach rybnych. Przyspieszyło to tempo napełniania i przepełnienia zbiornika Bojary. Powierzchnia zalewu zbiornika retencyjnego Bojary wynosi  $1,80\text{ ha} = 18\ 000\text{ m}^2$ ; to po wzroście napełnienia zbiornika o  $1,0\text{ m}$  w ciągu dwóch dni opadowych może być zgromadzone w zbiorniku:

$$V = 25\ 000 + 18\ 000 = 43\ 000\text{ m}^3$$

[pojemność projektowana  $25\ 000\text{ m}^3$  zwiększona o warstwę  $1\text{ m}$  wody na powierzchni  $1,8\text{ ha}$  zatrzymaną do korony zapory (grobli) czołowej zbiornika ( $18\ 000\text{ m}^3$ ) wzrost napełnienia

zbiornika do 43 000 m<sup>3</sup>]. W chwili przerwania grobli zbiornika do koryta potoku Osa wdarła się przez utworzoną wyrwę olbrzymia masa wody. Prędkość przepływu czoła fali wody uwalnianej ze zbiornika może przekraczać nawet 8 m/s. Na pokonanie odcinka 3+691 m czoło fali po rozerwaniu grobli czołowej potrzebuje zaledwie 461 sekund lub 7,7 minut, względnie 0,128 godzin. W miarę opadania poziomu wody w zbiorniku ulegnie zmniejszeniu spadek lustra spływającej wody i jej szybkość będzie obniżała się do około 1 m/s. Można przyjmować, że czas opróżniania zbiornika retencyjnego Bojary z ciągle malejącą prędkością średnią do 2 m/s przez powstałą wyrwę w grobli na długości 15 m warstwą 1,5 m mogła następować przez okres  $t = 43\,000 : 15 \times 1,5 \times 2 = 956$  sekundy = 16 minut nie licząc ilości wody dopływającej z rozerwanych stawów rybnych w rejonie Rap Dylańskich i Gircza.

Skutki awarii zbiornika retencyjnego Bojary przedstawiają załączone 14 fotografii wykonanych przez pracowników Straży Leśnej Nadleśnictwa Biłgoraj i autora opinii w dniach 1 i 2 sierpnia 2011r. Do niniejszej opinii dołącza się mapę zlewni potoku Osa w skali 1: 25000 sporządzonej przez autorów operatu wodno-prawnego, przekrój podłużny zbiornika w skali 1:100/1000 oraz plan sytuacyjny zbiornika retencyjnego Bojary w skali 1 : 1000. Dokumenty te wskazują na skutki awarii jakie mogą mieć miejsce poniżej przerwanej grobli.

## **Podsumowanie**

Bezpośrednią przyczyną awarii zbiornika retencyjnego Bojary były wyjątkowo wysokie opady atmosferyczne jakie wystąpiły 30 i 31 lipca 2011r. Spływające wody burzowe zniszczyły niektóre groble stawów rybnych powyżej zbiornika Bojary. Powierzchniowy spływ wód burzowych spotęgowany został przez uwolnioną wodę zgromadzoną w czasach stawów rybnych na lewobrzeżnych dopływach i przy potoku Osy. Wykonany przelew awaryjny w czołowej grobli zbiornika nie był w stanie przepuścić gwałtownie wzrastającej ilości dopływającej wody. Wlot do mnicha został częściowo ograniczony przez zatrzymane dopływające tu gałęzie i inny materiał roślinny niesione przez wodę z wyższych rejonów zlewni. Nastąpiło przelanie się wody przez koronę grobli czołowej (wykonanej z rodzimego gruntu, piasku, pozyskiwanego z czaszy zbiornika) i rozmycie jej w rejonie mnicha spustowego wraz z uwolnieniem wody zgromadzonej w zbiorniku, zasilanej dopływami naturalnymi zwiększonymi wodami ze zniszczonych stawów rybnych. Gwałtowne obniżenie się wody w zbiorniku spowodowało miejscami poślizgi skarp w naturalnych odcinkach obrzeża zbiornika. Zbyt małe wymiary przelewu awaryjnego były główną przyczyną awarii zbiornika Bojary. Wynikają one z braku miarodajnych metod hydrologicznych będących podstawą do wymiarowania tego typu urządzeń. Podczas usuwania awarii należy przebudować przelew awaryjny tak, aby był w stanie przepuścić wody burzowe i ewentualnie dające się przewidywać wody awaryjne.

## Dokumentacja fotograficzna



Fot. 1. Opróżniony staw rybny po rozerwanej grobli w rejonie Rap Dylańskich – fot. Prac. Straży Leśnej Nadleśnictwa Biłgoraj.



Fot. 2. Efekt spływającej strugi wody ze stawu po rozerwaniu grobli; Autor jak fot. 1.



Fot. 3. Spływ wody ze stawu po rozerwaniu grobli; Autor jak fot. 1.



Fot. 4. Wypływająca woda ze zniszczonego stawu wiejskiego w Rapach Dylańskich; Autor jak fot.1.



Fot. 5 Inne ujęcie obiektu jak na fot 4



Fot. 6. Obraz niszczącej energii wodnej w potoku Osa powyżej zbiornika retencyjnego  
Bojary; Autor jak fot. 1.



Fot. 7. Inne ujęcie obiektu jak fot. 6.



Fot. 8. Zbiornik retencyjny Bojary po przerwanej grobli czołowej – widok części wlotowej do urządzeń spustowych (stojak i leżak mnicha) w powstałej wyrwie. Fot. Autor opinii.



Fot. 9. Odślonięte fragmenty łożyska po zniszczeniu grobli czołowej w dniu 1.08.2011r. Fot. Autor opinii.



Fot. 10. Lewo brzeżny narożnik zbiornika po awarii grobli. Miejscowi mieszkańcy oceniający skutki awarii. Fot. Autor opinii w dniu 1.08.2011r.



Fot. 11. Dno zbiornika w rejonie wlotu po awarii (po spłynięciu wody z czaszy). Fot. Autor opinii.



Fot. 12. Spływająca skarpa do czaszy zbiornika po gwałtownym odpływie wody mimo gęstej sieci korzeni drzew. Fot. Autor opinii.



Fot. 13. Obsunięta skarpa zbiornika po spłynięciu wód z czaszy zbiornika. Fot. autor opinii.



Fot. 14. Widok dna zbiornika po spłynięciu wód burzowych w dniu 1.08.2011r. Fot. autor opinii.